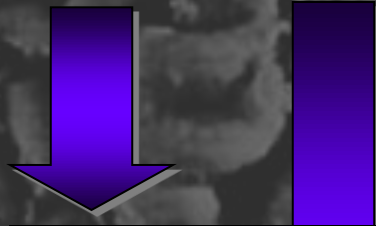


Πολυδύναμη νευροπαραμέτρηση
(Multimodal neuromonitoring)
στο ΤΕΠ και ΜΕΘ:
αναγκαιότητα και μελλοντικές
προοπτικές

*A. Καραμπίνης
Καθηγητής Επείγουσας Ιατρικής
Διευθυντής Κχ ΜΕΘ
Ω.Κ.Κ*

Σημαντική κατανάλωση ενέργειας

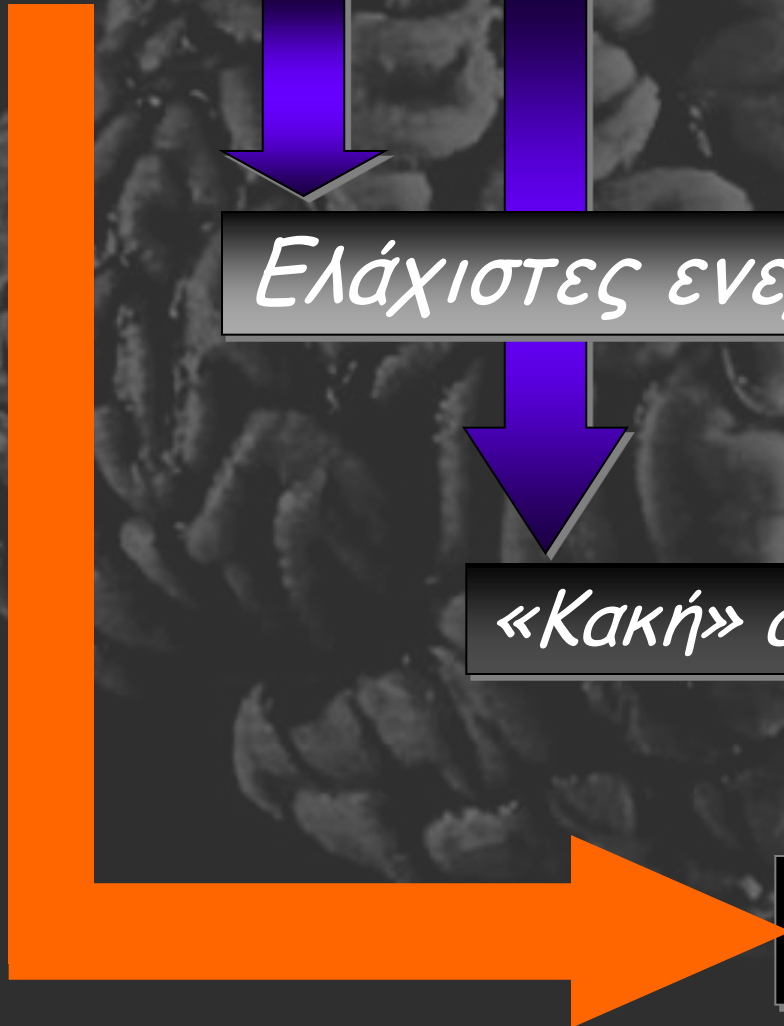
Κατανάλωση O₂ = CMRO₂ : 20 % VO₂



Ελάχιστες ενεργειακές εφεδρείες



«Κακή» ανοχή στην ισχαιμία



Ευάλωτο όργανο



- The main objective of intensive monitoring in the head-injured patient is to help the physician maintain adequate cerebral perfusion and oxygenation and avoid medical and surgical complications as well as secondary injury while the brain recovers.*

- Μόνο ICP/CPP για την πρόληψη των δευτερογενών βλαβών ?
- Νευροπαραμέτρηση το 2009
- Μελλοντικές προοπτικές

1^{ος} στόχος της ΜΕΘ

Αποφυγή της μόνιμης εγκεφαλικής ισχαιμίας
με επαρκή οξυγόνωση του εγκεφάλου
προσαρμοσμένη στον μεταβολισμό του



Η ιδανική νευροπαμαμέτρηση

Εκτίμηση και αξιολόγηση της εγκεφαλικής αιματικής ροής και του εγκεφαλικού μεταβολισμού στην περιοχή υψηλού κινδύνου



Συνολική νευροπαραμέτρηση

- Καθυστερημένη τοποθέτηση
- Γενικά στοιχεία

Νευροπαραμέτρηση στη ΜΕΘ

1-Εκτίμηση της ενδοκράνιας πίεσης(ICP)

- Ενδοκράνιος καθετήρας (+++)
- Διακρανιακό doppler(+++)
- Διάμετρος του οπτικού νεύρου **

2-Εκτίμηση της εγκεφαλικής αιματικής ροής

- Διακρανιακό doppler
- Σφαγιτιδική οξυμετρία

3-Μεταβολισμός του εγκεφαλικού ιστού

- Ιστικό οξυγόνο
- Μικροδιύλιση

4-Άλλες μέθοδοι

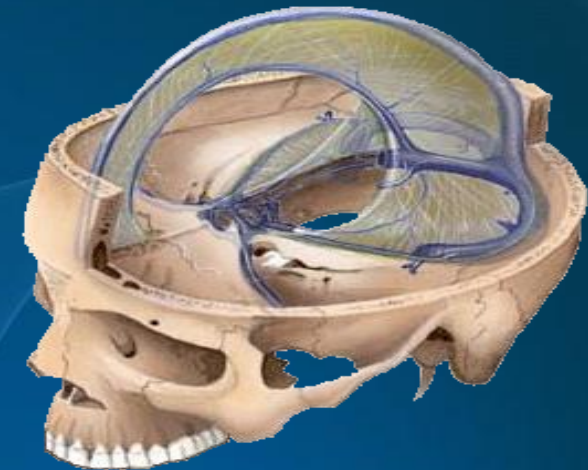
- Πρωτεΐνες -δείκτες της εγκεφαλικής βλάβης
- Et CO₂ (Καπνογραφία) ++++
- Προκλητά δυναμικά (?)
- ΕΕΓ (?)
- Εγκεφαλική οξυμετρία (?)

PtIO2
ICP

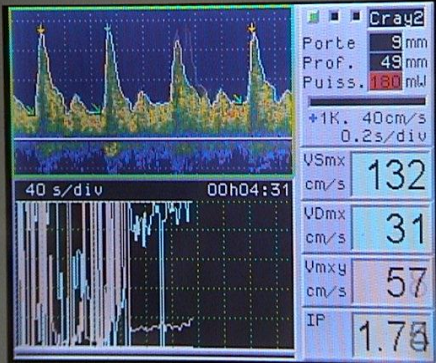


Μικροδιύλιση

Νευροπαράμετρηση
2009



Σφαγιτιδική οξυμετρία



Διακρανιακό
doppler



Οπτικό νεύρο

Σημαντικές εγκεφαλικές βλάβες



Νευροπαραμέτρηση ΝΑΙ αλλά και



Συστηματικό εξειδικευμένο monitoring

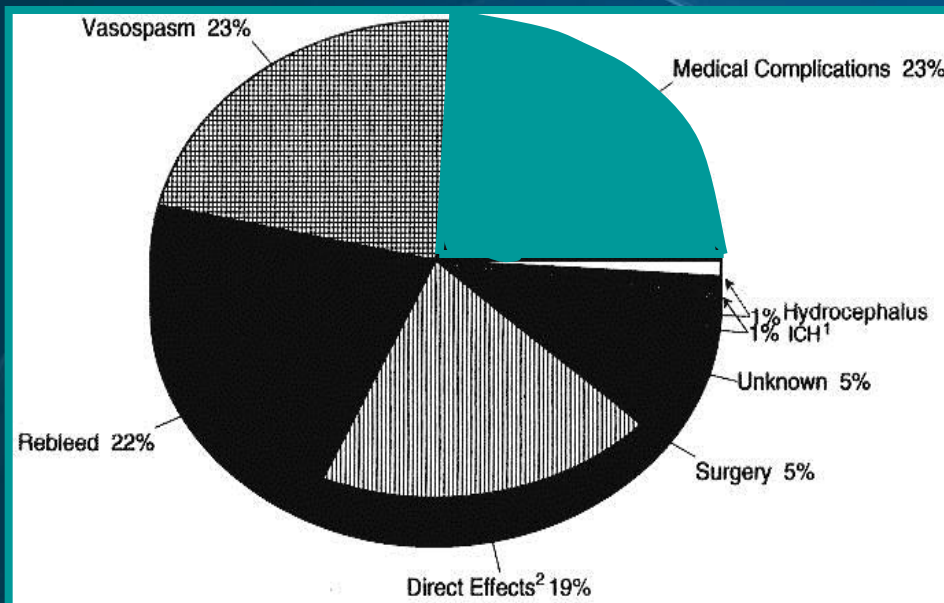
- Εξειδικευμένο καρδιαγγειακό monitoring (υπερηχολογική μελέτη)
- Αναπνευστικό monitoring (αέρια αίματος ,καπνογράφος)
- Μεταβολικό monitoring

Συστηματικές επιπλοκές Μετά από ρήξη εγκεφαλικών ανευρυσμάτων Πολυκεντρική προοπτική μελέτη

Αριθ. ασθενών : 457

Solenski NJ et al., Crit Care Med 1995

% Θανάτων (n = 83)



% επιπλοκών ανά σύστημα

<u>Cardiovascular</u>		<u>GI/Renal</u>	
Hypertension	36	Hepatic dysfunction	24
Arrhythmia	35	Nausea/emesis	14
Peripheral edema	20	Renal dysfunction	7
Hypotension	18	LDH increase	5
CK increase	5	GI bleeding	2
Cardiac failure	4	Pleur	2
Other cardiac	2	Hepatitis	<1
Thrombophlebitis	2		
Myocardial infarction	1	<u>Metabolic/Endocrine</u>	
Palpitations	<1	Electrolyte abnormality	28
		Hyperglycemia	21
<u>Pulmonary</u>		Diabetes insipidus	7
Pulmonary edema	23		
Pneumonia	22	<u>Hematologic</u>	
Atelectasis	16	Anemia	37
ARDS	4	Bleeding	4
Pneumothorax	3	Thrombocytopenia	4
Respiratory dysfunction	2	Leukocytosis	3
Asthma	1		
Pulmonary embolism	<1	<u>Infection</u>	
		Fever	29
<u>Neurologic</u>		Urine infection	16
Vasospasm, sym.	46	Other infection	7
Vasospasm, asym.	41	Sepsis	7
Hydrocephalus	28		
Increased ICP	24	<u>Other</u>	
Brain swelling	22	Surgical complication	9
Mass effect	16	Rash	7
Cerebral infarction	8	Flushing	1
Rebleeding	7	Allergic reaction	1
Intracerebral hemorrhage	6	Angiographic complication	1
Headache	5	Neuropsychiatric disorder	<1
Seizures	4		
Decreased LOC	3		
CSF Abnormality	3		

GI, gastrointestinal; CK, creatine kinase; LDH, lactate dehydrogenase; ARDS, adult respiratory distress syndrome; sym., symptomatic; asym., asymptomatic; ICP, intracranial pressure; LOC, level of consciousness; CSF, cerebral spinal fluid.

¹First occurrence within days 0 through 14 after subarachnoid hemorrhage (n = 455 patients).

Management of severe head injury: Institutional variations in care and effect on outcome* *Critical Care Med 2002;1870-1876*

Eileen M. Bulger, MD; Avery B. Nathens, MD, PhD, MPH; Frederick P. Rivara, MD, MPH; Maria Moore, MPH; Ellen J. MacKenzie, PhD; Gregory J. Jurkovich, MD

- **Objective:**

- a) to examine variations in care of patients with severe head injury in academic trauma centers across the United States;

- b) to determine the proportion of patients who received care according to the Brain Trauma Foundation guidelines;

- c) to correlate the outcome from severe traumatic brain injury with the care received.

Management of severe head injury: Institutional variations in care and effect on outcome*

Eileen M. Bulger, MD; Avery B. Nathens, MD, PhD, MPH; Frederick P. Rivara, MD, MPH; Maria Moore, MPH; Ellen J. MacKenzie, PhD; Gregory J. Jurkovich, MD

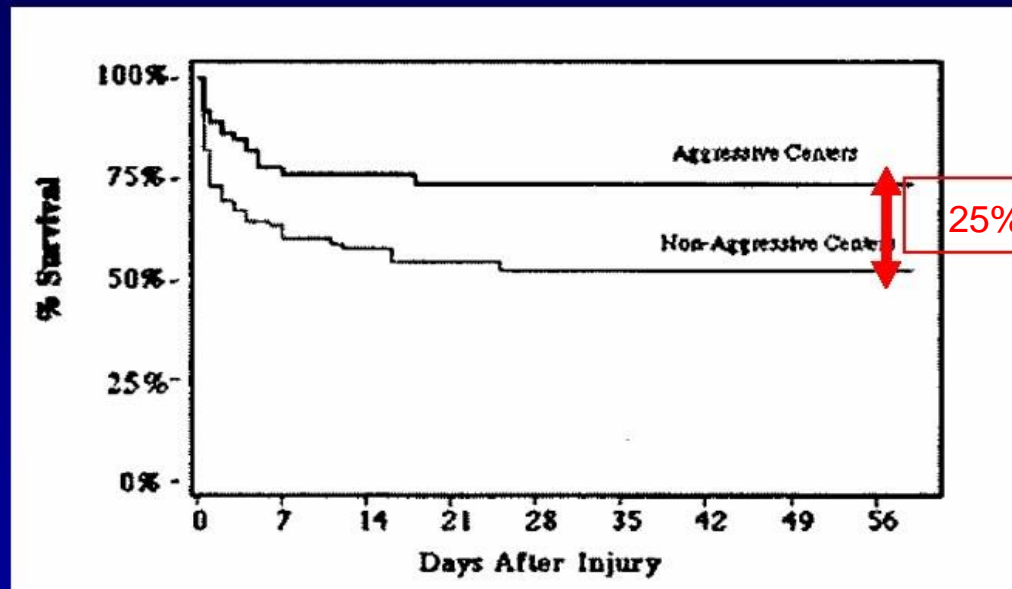
- 8 months collection
- 34 academic US Trauma centers
- GCS \leq 8; multiple trauma; n = 182
- "aggressive" vs "non aggressive" centers:
- ICP monitoring > 50% and abnormal CT scan

Table 1. Treatment strategies

Variable	No. of Patients (%) (n = 182)
ICP monitoring	105 (58)
Prehospital intubation	79 (43)
Prehospital or ED intubation	146 (80)
Neurosurgical consultation	140 (77)
Use of osmotic agents	53 (29)
Hyperventilation	25 (14)
Ventriculostomy	23 (13)

ICP, intracranial pressure; ED, emergency department.

Multimodal Monitoring and survival



Bulger, CCM, 2002

Gupta AK -BJA 2007

Μέτρηση της ενδοκράνιας πίεσης-ICP

❖ Πολλές τεχνικές

❖ Κωδικοποιημένες ενδείξεις

*ΚΕΚ GSC < 8 και CT εγκεφάλου παθολογικό / κινητικές διαταραχές
Προσοχή εάν διαταραχές της πήξης (Journal of Neurotrauma 2007)*

❖ CPP = MAP - ICP

❖ Έλεγχος της ICP

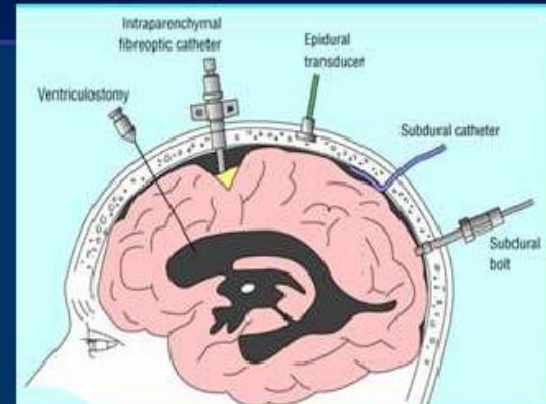
❖ Αποτελεσματικότητα της θεραπείας

❖ Αποφυγή επεισοδίων με ICP > 20-25

βελτιώνει την πρόγνωση των ασθενών

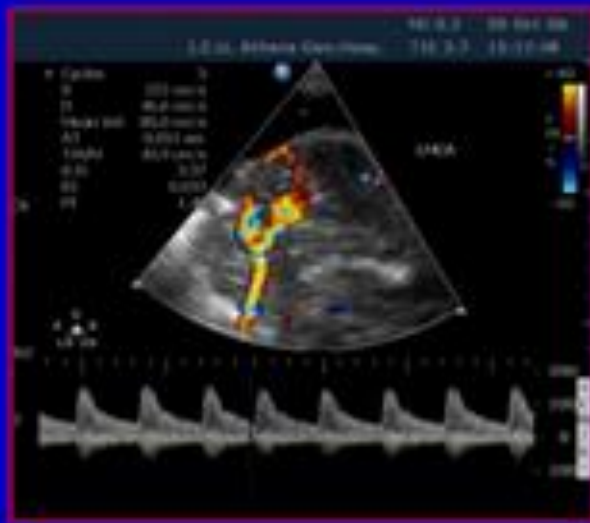
*Saul et al, J Neurosurg 1982
Lane et al Can J Surg 2000*

Patel et al, ICM 2002



Ενδοκράνια υπέρταση

Υπερηχογραφική
διάγνωση



Διακρανιακό Doppler



U/S οπτικού νεύρου

Διακρανιακό Doppler

PubMed :

TCD And Neurosurgery 740 άρθρα (59 reviews)

Indications of TCD

(American Society of Neuroimaging-2000)

Applications

Rating

Evidence

Quality - Strength

1-Isch.Cerebrov.Disease

Effective

Class I

Type A

2-Subarachnoid hem.

Established

Class II

Type B

3-Arterovenous malfor.

Established

Class III

Type C

4-Cerebral Circulatory Arrest

Established

Class III

Type C

5-Brain trauma

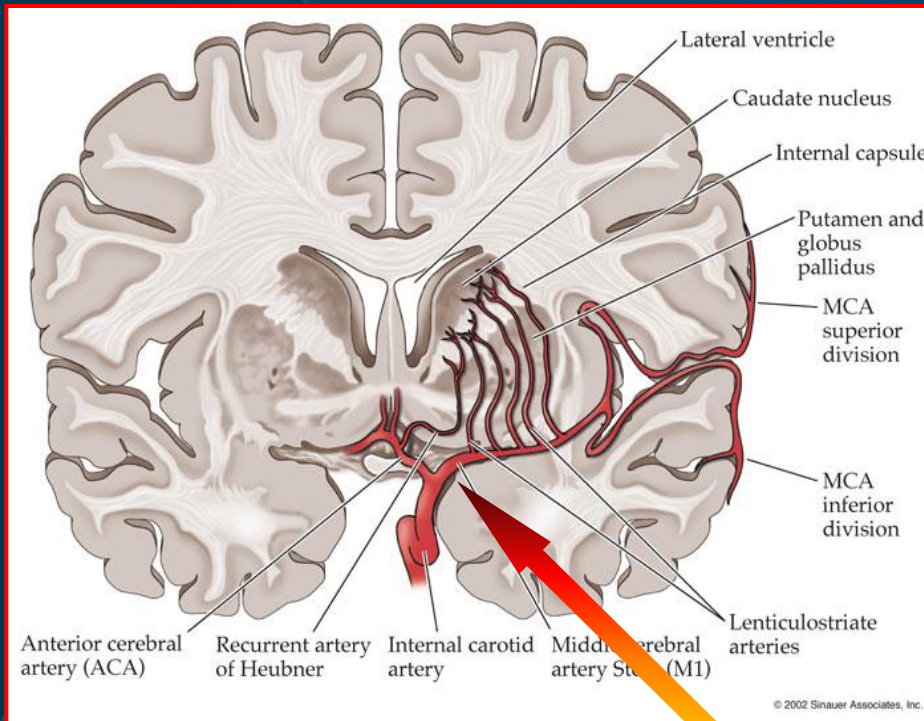
Possibly useful

Class III

Type C

Διακρανιακή Doppler υπερηχογραφία

Πραγματοποιείται κατεξοχήν στην MCA



M₁

Καταγράφονται

➔ PSV

➔ EDV

➔ MV

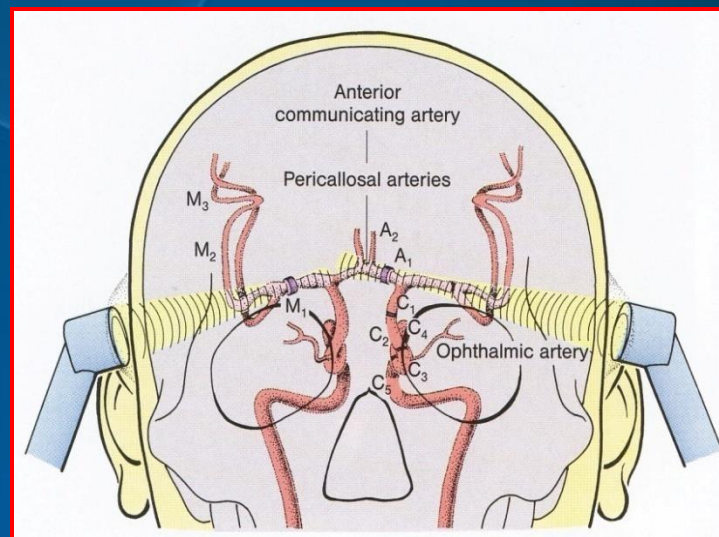
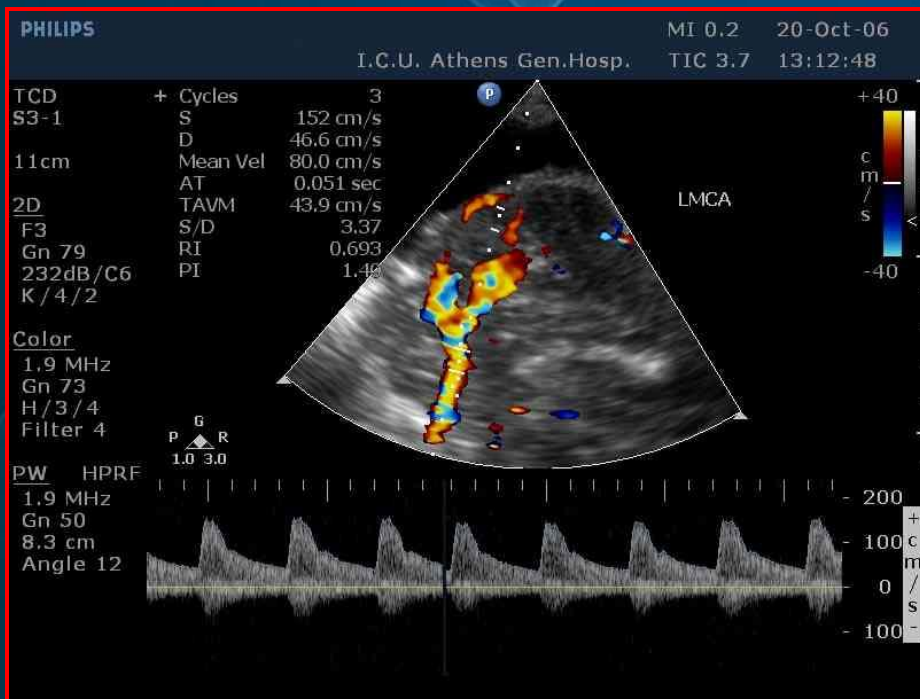
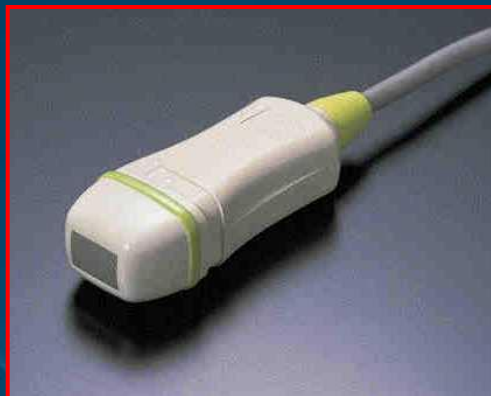
➔ $RI = \frac{PSV - EDV}{PSV}$
(φτ : 0.4 - 0.6)

➔ $PI = \frac{PSV - EDV}{MV}$
(φτ : 0.5 - 1.1)

Διακρανιακή Doppler υπερηχογραφία

→ Ηχοβολίας TCD φάσης διάταξης

→ Συχνότητα 2 MHz



Διακρανιακό doppler αυτόματης υπαραχνοειδούς αιμορραγίας

Early transcranial Doppler after subarachnoid hemorrhage:
clinical and radiological correlations

Pablo Miranda, MD*, Alfonso Lagares, MD, PhD, Jose Alen, MD, Angel Perez-Nuñez, MD,
Ignacio Arrese, MD, R.D. Lobato, MD, PhD

Surgical Neurology 65 (2006) 247–252

52 ασθενείς
TCD πρώτες 24 ώρες (ΜΕΑ)

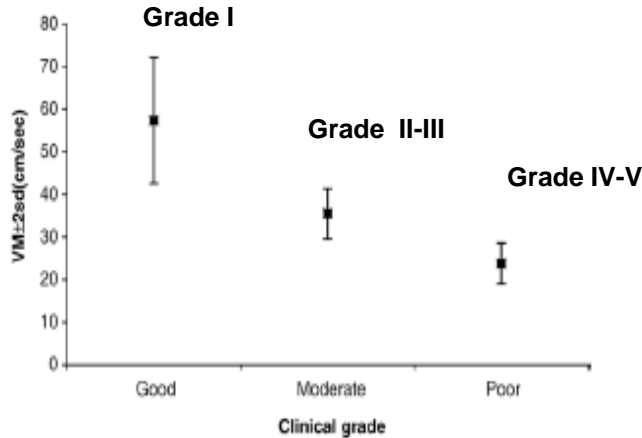


Fig. 2. Correlation between VM and WFNS clinical grades. All differences significant at the $P < .05$ level.

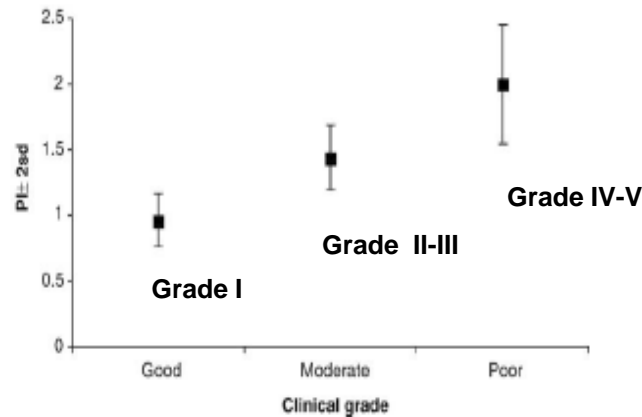


Fig. 3. Correlation between PI and WFNS clinical grades. All differences significant at the $P < .05$ level.

Η ελάττωση της ταχύτητας της ροής του αίματος και η αύξηση του δείκτη συστατικότητας συσχετίζονται με την βαρύτητα της νόσου (grade IV-V)

Εκφράζουν την ελάττωση της εγκεφαλικής αιμάτωσης λόγω ενδοκράνιας υπέρτασης



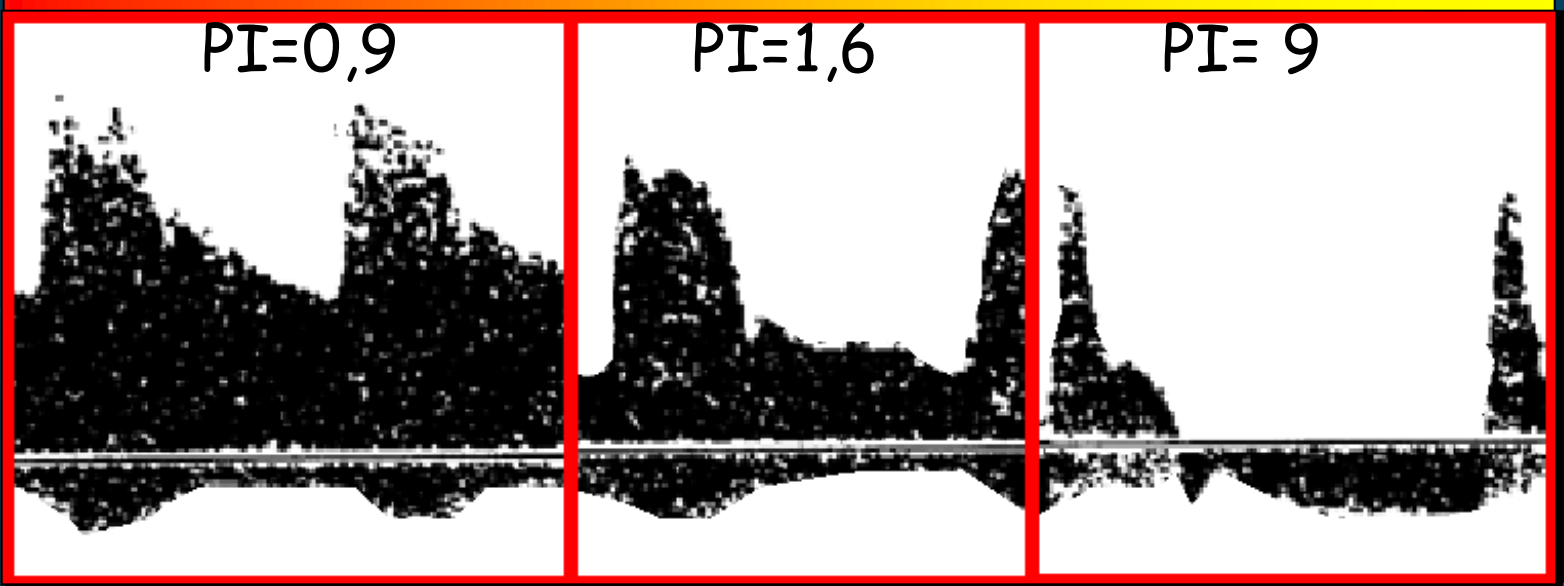
TCD χρήσιμο και αξιόπιστο όταν δεν έχει τοποθετηθεί ενδοκράνιας καθετήρας

Ενδοκράνια υπέρταση

(CPP = πίεση εγκεφαλικής άρδευσης (ΜΑΤΤ-ICP))



200
160
120
80
40
0
40

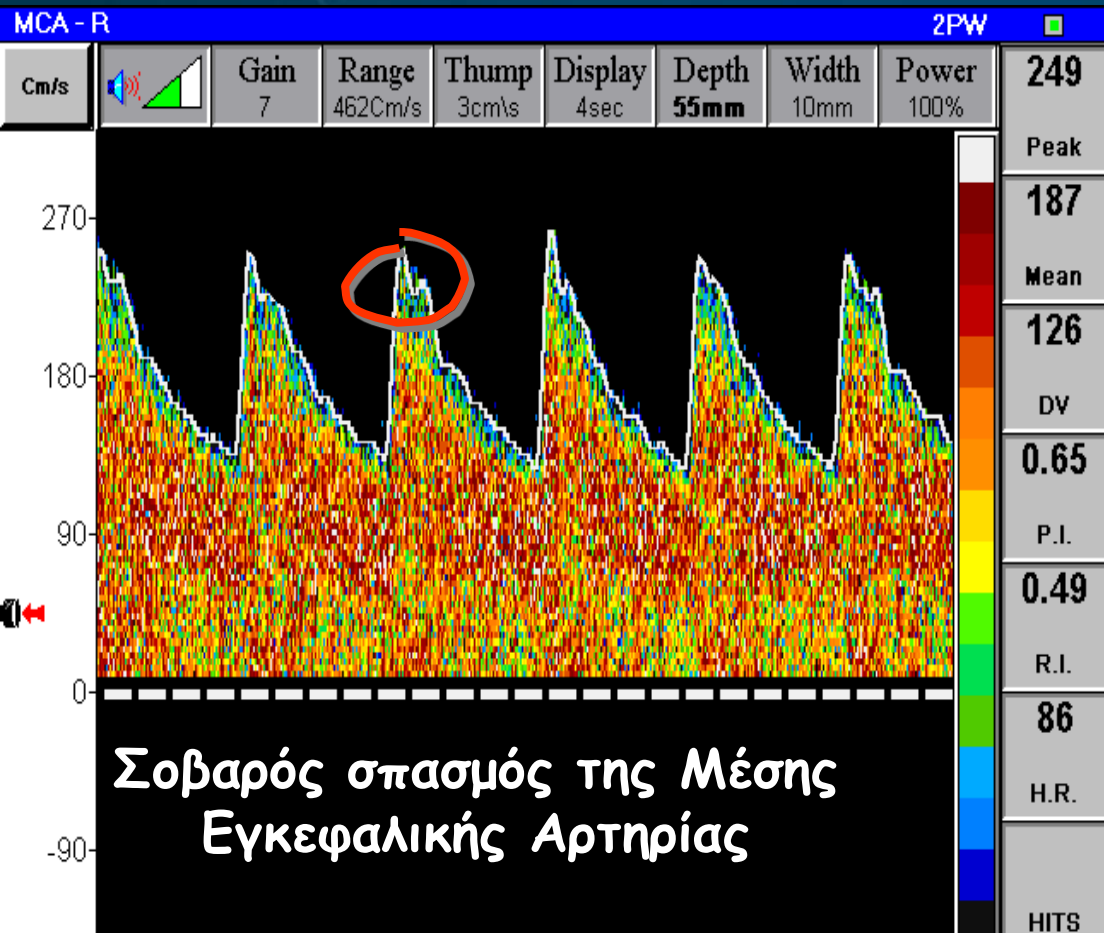


Ημέρα 0

Ημέρα 3

Ημέρα 7

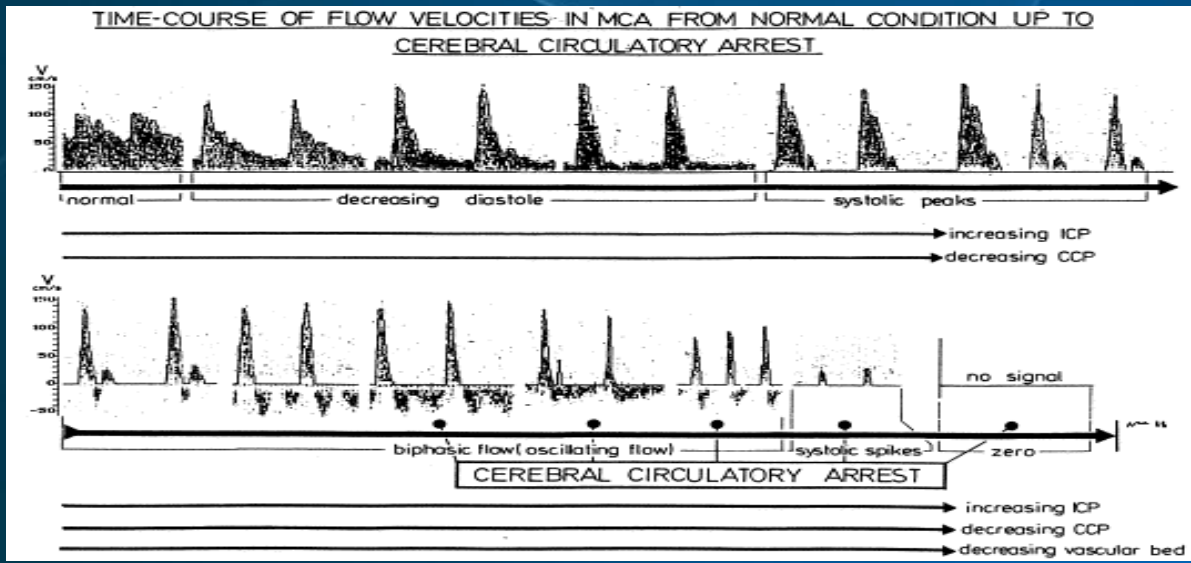
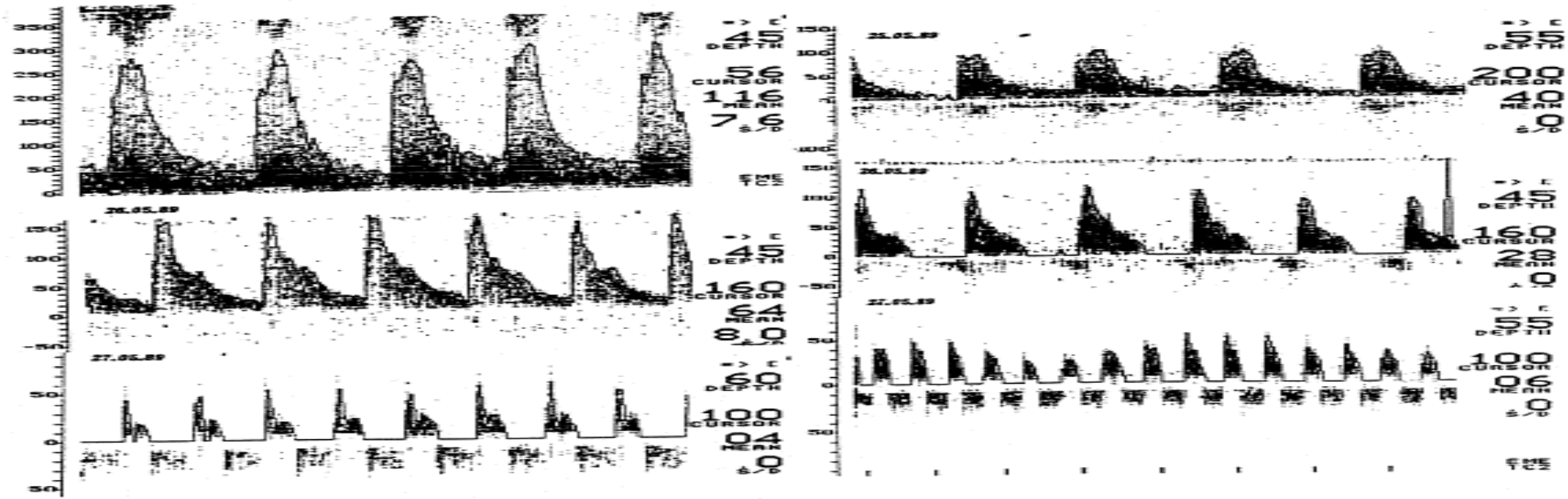
Αγγειόσπασμος



- >200 Κλινικά έκδηλος αγγειόσπασμος
- 150-200 Εν αναμονή αγγειόσπασμου
- 120-150 Μέτριος αγγειόσπασμος

Ευαισ. = 84% - Ειδ. = 89% Doppler

Εγκεφαλικός Θάνατος



Μη-επεμβατική εκτίμηση της ICP (eICP) και TCD

$$\bullet \text{ eICP} = \text{ABP}_m * (1 - \text{Vd}/\text{Vm}) - 14$$

Czosnyka et al. *J Neurosurg* 88:802-8, 1998

$$\text{ICP} = 11.5 \times \text{PI} - 2.23 \text{ (απόκλιση } \pm 4.2\text{mmHg)}$$

Bellner J, Romner B, Reinstrup P, Kristiansson KA, Ryding E, Brandt L

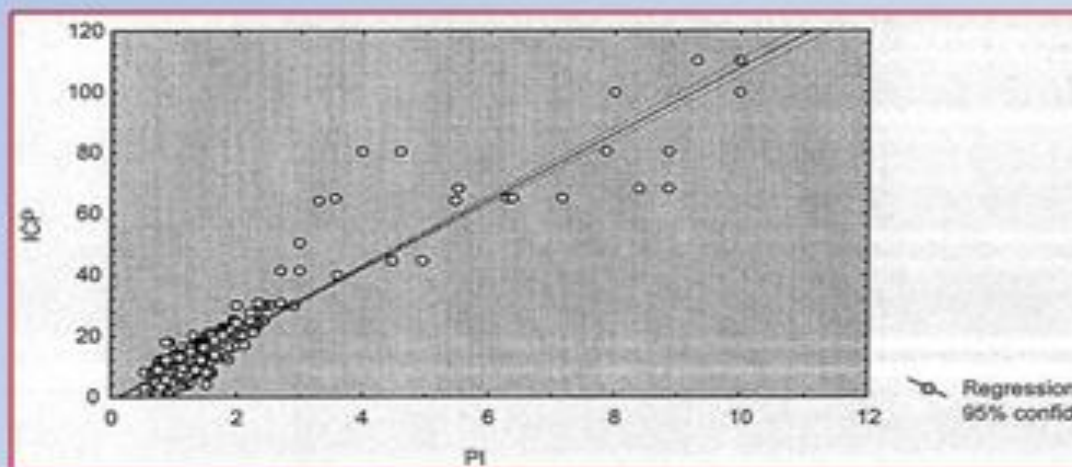
Transcranial Doppler sonography pulsatility index

reflects intracranial pressure

Surg Neurol 62: 45-51, 2004

Υπολογισμός της ενδοκρανιακής πίεσης (ICP) μέσω TCD

- 81 ασθενείς με ενδοκρανιακή παθολογία
 - 46 με υπαραχνοειδή αιμορραγία
 - 21 με κλειστή κρανιοεγκεφαλκή κάκωση
 - 14 άλλης μορφής παθολογία
- Καθημερινή μέτρηση ICP (μέσω ενδοκρανιακού καθετήρα)
- Παράλληλη μέτρηση PI στις MCA αμφοτερόπλευρα (μέσω TCD)



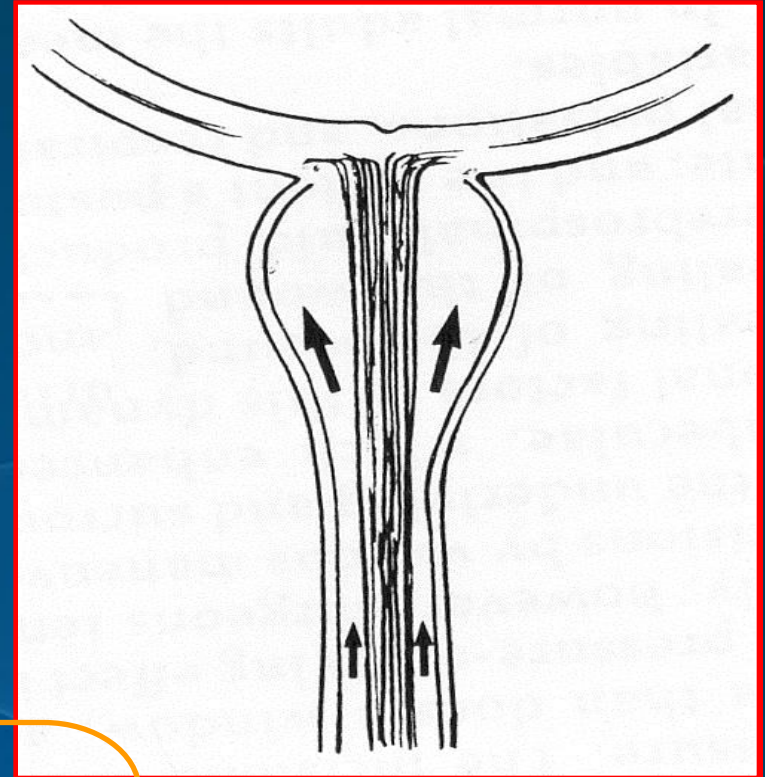
Συντελεστής συσχέτισης = **0.938** ($p < 0.0001$)

Μη-επεμβατική εκτίμηση της ICP με υπερηχογράφημα του οπτικού νεύρου

PubMed : 24 κλινικές μελέτες

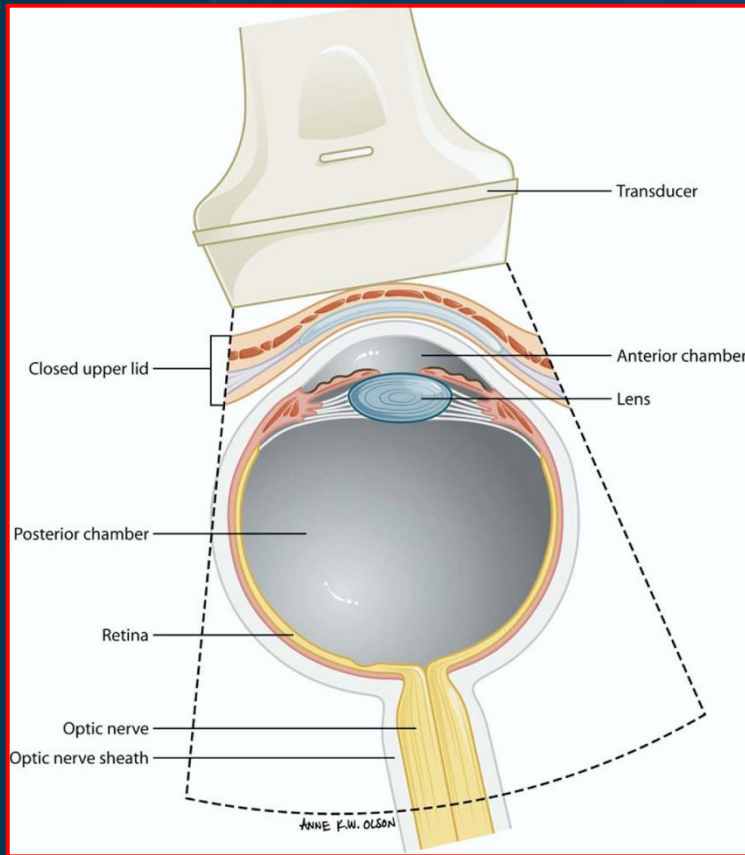
Το φαινόμενο

- Σε ↑ ICP, CSF μετακινείται προς τον υπαραχνοειδή χώρο του ON
- Η διάμετρος του ON ↑
- Επιβεβαίωση από μελέτες τόσο in vitro, όσο και in vivo



- Gangemi et al, 1987
- Helmke et al, 1996
- Liu et al, 1993
- Hansen et al, 1997
- Brzezinska et al, 2002
- Newman et al, 2002
- Blaivas et al, 2005
- Malayeri et al, 2005
- Tsung et al, 2005
- Tayal et al, 2006

Υπερηχογράφημα του ΟΝ



♂ ασθενής 39 ετών με βαριά ΚΕΚ



MS = IV



OND = 7.14 mm

ICP = 33 mmHg

eICP = 37.164 mmHg

- ✓ Σε ασθενείς με ΚΕΚ, η ΟΝΔ σχετίζεται με:
 - Την επεμβατική ICP
 - Τη μη-επεμβατική ICP
 - Τα απεικονιστικά ευρήματα της ΥΤ εγκεφάλου
- ✓ Το υπερηχογράφημα του ΟΝ μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν επιπλέον μη-επεμβατικό διαγνωστικό μέσο στην εκτίμηση ασθενών με ΚΕΚ, στους οποίους η επεμβατική μέτρηση της ICP αντενδείκνυται ή δεν είναι διαθέσιμη.
- ✓ Η ανάδειξη **ΟΝΔ > 5.7 mm** πρέπει να θεωρείται λίαν ύποπτη για την παρουσία ↑ ICP.

Soldatos T, Karakitsos D, Chatzimichail K, Papathanasiou M, Gouliamos A, Karabinis A.
Optic nerve sonography in the diagnostic evaluation of adult brain injury.
Crit Care. 2008 May 13;12(3):R67

ΣΦΑΓΙΤΙΔΙΚΗ ΟΞΥΜΕΤΡΙΑ (SjO₂)

Κορεσμός της Hb του σφαγιτιδικού αίματος
:

1. SjO₂ 55-75% ΦΤ
2. SjO₂ <55% μειωμένη προσφορά O₂ στον εγκέφαλο
3. SjO₂ > 75% υπεραιμία



*116 ασθενείς ,
Η θνησιμότητα συνδέεται
με τα επεισόδια αποκορεσμού
17% (0 επεισόδια) vs 41% (1 επεισόδιο) vs 68% (>1)*

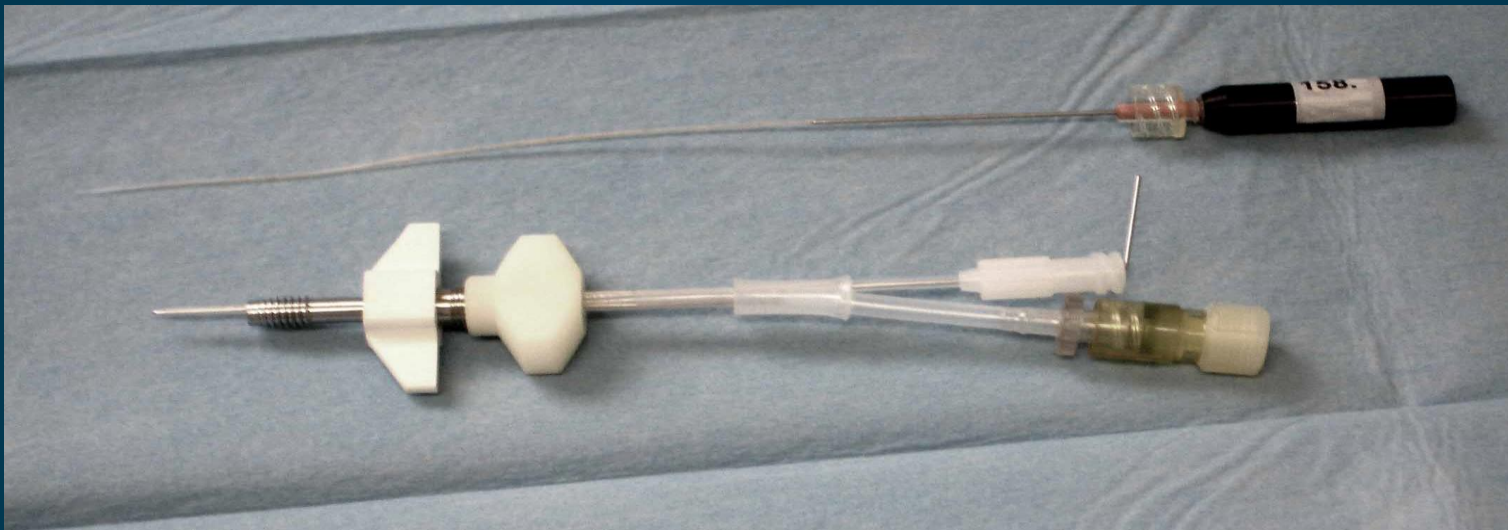
Gopinath et al J Neurosurg Psych 1994

ΣΦΑΤΙΤΙΔΙΚΗ ΟΞΥΜΕΤΡΙΑ (SjO2)



Μειονεκτήματα

1. Επεμβατική μέθοδος
2. Δύσχρηστη τεχνική -κόστος
3. Καταγραφή σφαιρικής οξυγόνωσης του εγκεφάλου



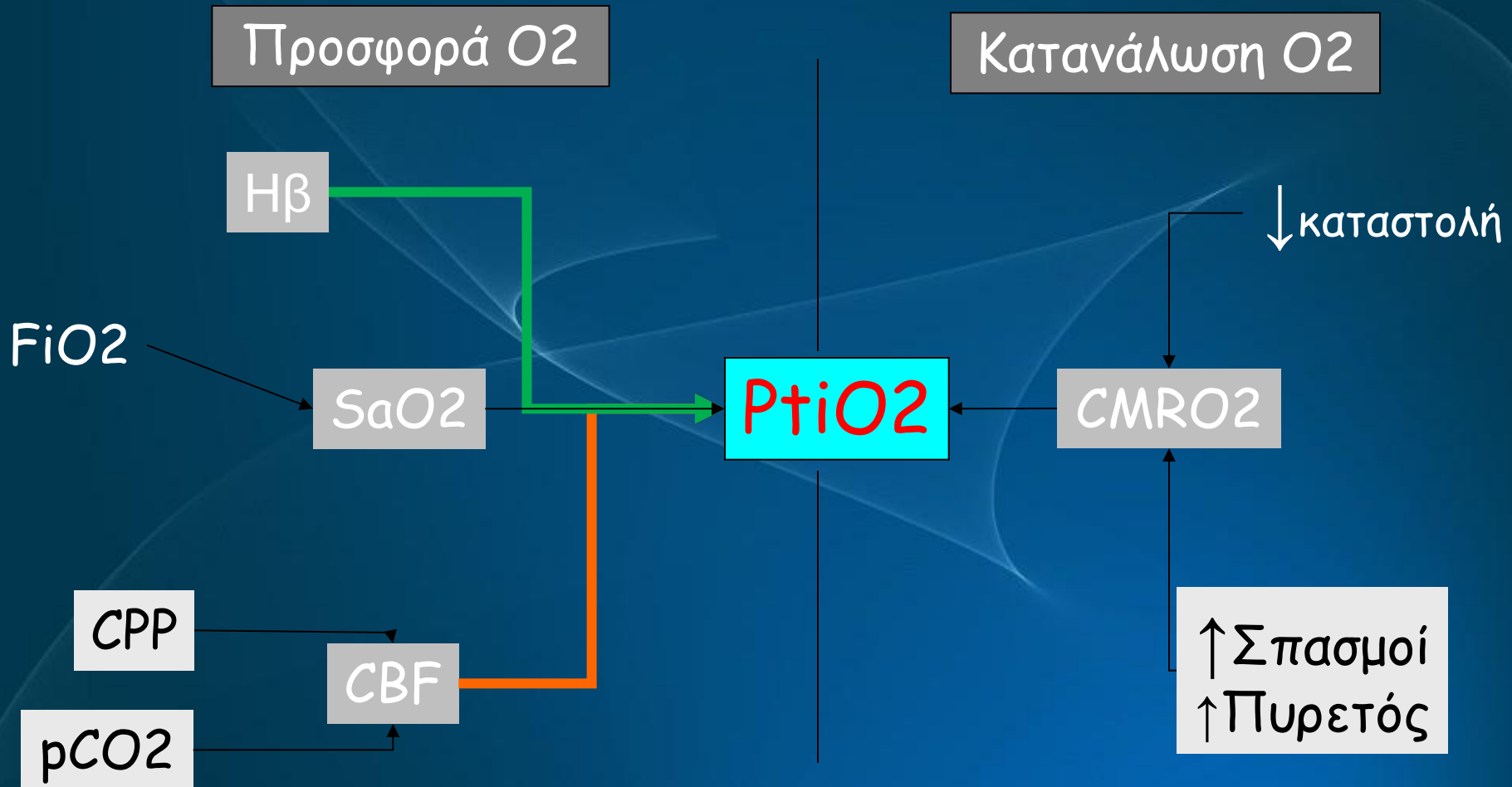
Ιστικό εγκεφαλικό οξυγόνο (PtiO₂)

1. Τοποθετείται σε φυσιολογική περιοχή ($\Phi T=25-30$ mmHg)
2. Ανίχνευση δευτεροπαθών ισχαιμικών επεισοδίων
3. Συμπληρωματική μέθοδος του SjO₂
4. Εκφράζει τοπική εγκεφαλική ροή (pO₂-Hb-pCO₂)
5. Ισχαιμικές βλάβες εάν < 15 mmHg
6. Η χρήση του συμβάλλει στην πρόγνωση των ΚΕΚ
25% με PtiO₂ vs 44 % χωρίς PtiO₂ (θάνατοι)

Stiefel et al J Neurosurg 2005

6. < 15 mmHg πάνω από 15 ' = σημαντική επιδείνωση με κακή πρόγνωση
7. < 5 mmHg = 80% θνησιμότητα - *Valadka Crit Care Med 1998*

Παράγοντες που καθορίζουν την τιμή της P_{tiO_2} :



Κλινικές εφαρμογές της μέτρησης του PtiO₂

Παρακολούθηση

- ✦ Υπεραερισμού
Schneider
Acta Neurochir 1998
- ✦ Μεταβολές της
CPP
Johnston *Crit Care Med*
2005
- ✦ Βαρβιτουρικό κώμα

- ✦ Αύξηση της CPP
Johnston *Crit Care Med*
2005
- ✦ Αύξηση της FiO₂
Reinert *Acta Neurochir*
2003
Menzel *J Neurosurg* 1999
- ✦ Αποτελέσματα της
οσμοθεραπείας
Sakowitz *J Trauma* 2007



Μικροδιύλιση :

Μέτρηση της μεταβολικής κατάστασης του εγκεφάλου-
Διαχείριση της «μεταβολικής κρίσης»

Lactate: Μεταβολική εκτροπή- αναερόβιος μεταβολισμός

Glucose: Χαμηλές τιμές συνδυάζονται με κακή έκβαση

Glutamate: Πρωιμότερος δείκτης βαριάς βλάβης

LPR: Δείκτης οξειδοαναγωγικής κατάστασης (>20, ενδεικτικές τιμές ισχαιμίας)

LGR: Δείκτης μιτοχονδριακής λειτουργίας (>2, ενδεικτικές τιμές μιτοχονδριακής δυσλειτουργίας)

*Κόστος

*Χρόνος

*Χώρος

	Optimal	Ισχαιμία	Μεταβολική Κρίση	Hyperglycolyse
Lactate	< 4 mmol/L	> 4 mmol/L	> 4 mmol/L	> 4 mmol/L
Rapport L/P	<30	>40	> 40	< 40
Glucose	>1 mmol/L	<0,2 mmol/L	> 0,2 mmol/L	0,2 - 1 mmol/L

Vespa J Cerb Blood Flow 2005



"TIME is BRAIN "

Νευροπαραμέτρηση στην ΜΕΘ



- **Θεραπευτικές προτάσεις: TCD και SjvO₂**
 - ↓ SjvO₂ et ↓ Ροών: ↗ HypoPCO₂? ↓ CPP?
 - ↓ SjvO₂ et ↗ Ροών: αναιμία ?? Αρτηριακός αποκορεσμός ?? Υπερθερμία ?? σπασμοί ??
- **Για κάθε πιθανή διάγνωση → Ειδική θεραπεία που αξιολογείται από την νευροπαραμέτρηση**
 - ⇒ Γρήγορη διάγνωση της δευτεροπαθούς ισχαιμίας
 - ⇒ Πρόληψη ή/και θεραπεία της εγκεφαλικής ισχαιμίας

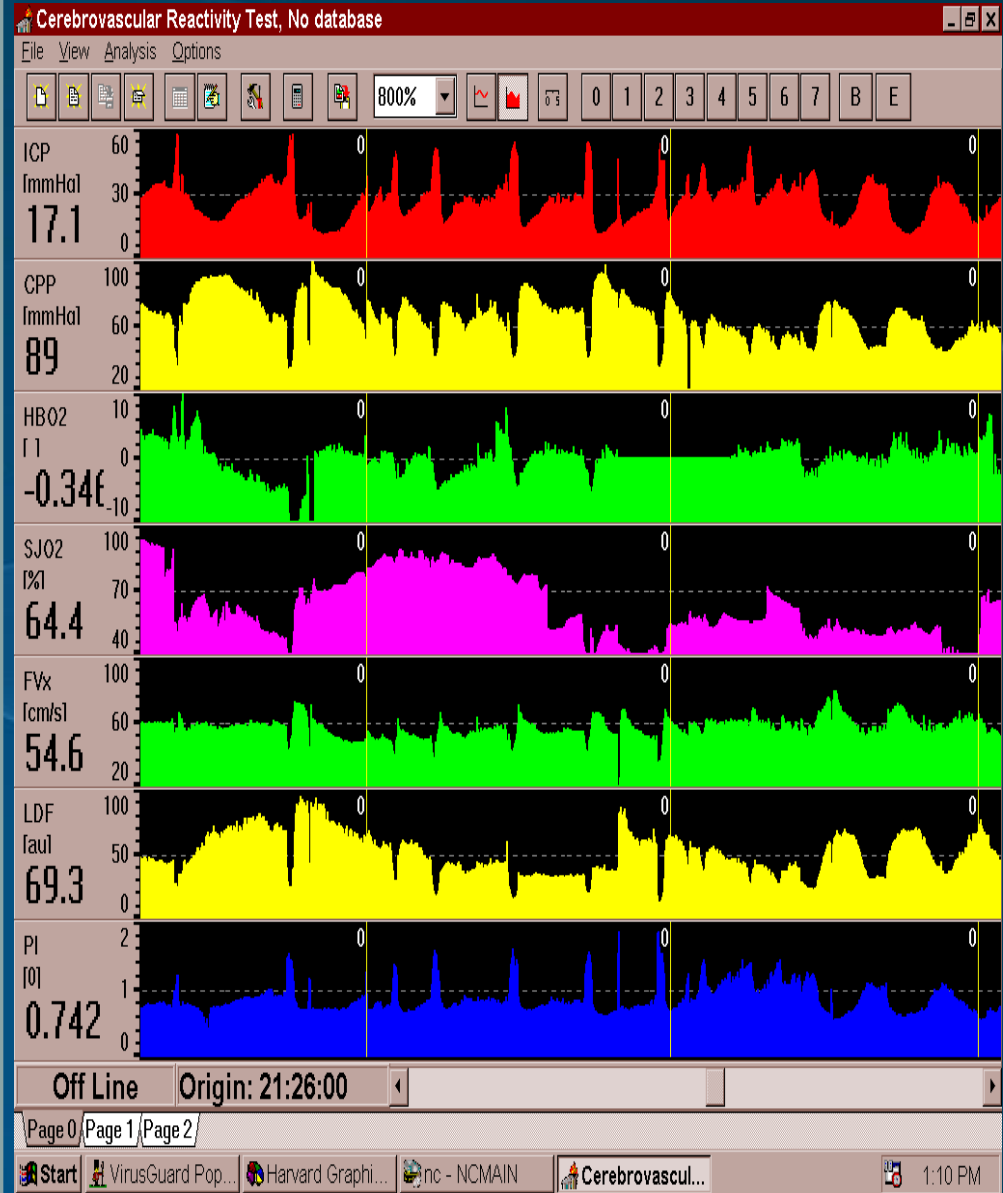
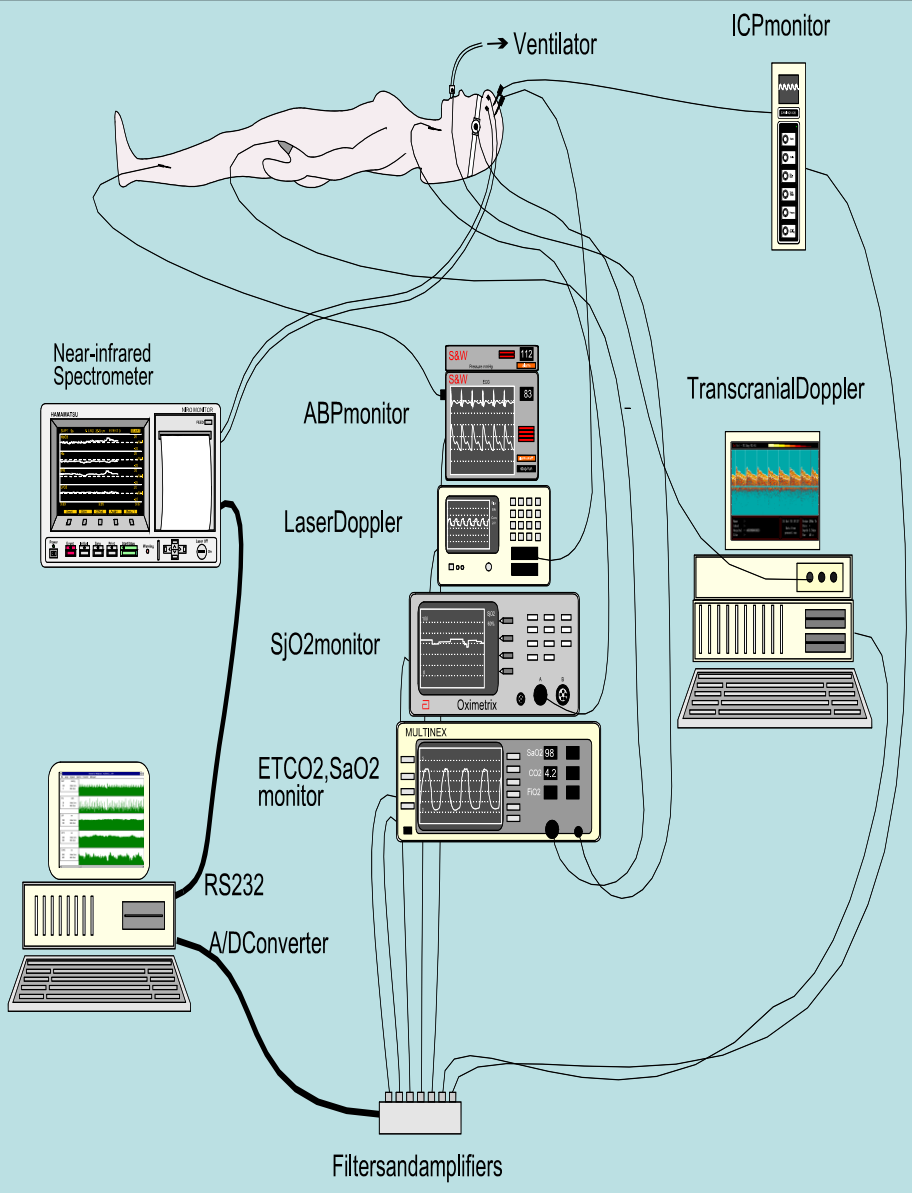
Προνοσοκομεικά-ΤΕΠ

- ΤCD
- Οπτικό νεύρο

ΜΕΘ(neurotrauma)

- ΤCD (++++)
- Οπτικό νεύρο (++)
- ICP (++++)
- Ιστικό οξυγόνο (+++)
- Σφαγιτιδική οξυμετρία(++)
- Μικροδιύληση (++)

Multimodal monitoring system for neurosurgery





Multimodal Online Monitoring in Middle Cerebral Artery Territory Stroke

Steiner, *Stroke*. 2001

